

Development of 2D Data Quality Validation Techniques for Pipe-type Underground Facilities

Sang-Keun Bae · Sang-Min Kim[†] · Eun-Jin Yoo · Keo-Bae Lim · Da-Woon Jeong

Spatial Information Research Institute, LX

2차원 관로형 지하시설물 정보 품질검증기술 개발

배상근 · 김상민[†] · 유은진 · 임거배 · 정다운

LX한국국토정보공사 공간정보연구원

As various accidents have occurred in underground spaces, we aim to improve the quality validation standards and methods as specified in the Regulations on Producing Integrated Map of Underground Spaces devised by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of the Republic of Korea for a high-quality integrated map of underground spaces. Specifically, we propose measures to improve the quality assurance of pipeline-type underground facilities, the so-called life lines given their importance for citizens' daily activities and their highest risk of accident among the 16 types of underground facilities. After implementing quality validation software based on the developed quality validation standards, the adequacy of the validation standards was demonstrated by testing using data from two-dimensional water supply facilities in some areas of Busan, Korea.

This paper has great significance in that it has laid the foundation for reducing the time and manpower required for data quality inspection and improving data quality reliability by improving current quality validation standards and developing technologies that can automatically extract errors through software.

Keywords : Integrated Map of Underground Spaces, Underground Facilities, Data Quality Validation

1. 서 론

1994년도의 서울 아현동 가스폭발사고, 1995년의 대구 지하철 공사장 가스폭발사고는 수백 명의 사상자가 발생했던 안타까운 사건이다. 이후 중앙부처인 국토교통부를 중심으로 시·군 지역의 상하수도 지하시설물 전산화를 위한 지하시설물 전산화 사업, 전산화 대상을 확대하여 6종의 지하시설물 정보를 통합 구축하기 위한 지하시설물 통합관리체계 구축사업, 기존의 관로형 지하시설물 뿐만 아니라 구조물형 지하시설물, 지반에 대한 정보를 통합한

지하공간통합지도 구축사업 등이 추진되었다. 이 중 지하공간통합지도는 2014년에 전국적으로 발생했던 싱크홀을 계기로 국토교통부를 중심으로 2015년부터 16종¹⁾의 지하정보를 통합하여 구축하고 있는 가장 최신의 지하공간정보이다. 또한 2018년도부터 『지하안전관리에 관한 특별법(이하 지하안전법)』이 시행되면서 지하안전관리체계를 확립하고, 공공의 안전을 확보하고자 하였다[6]. 이렇듯 지하정보를 효율적·체계적으로 구축·관리하고, 국민의 안전한 삶을 보장하기 위한 노력이 과거부터 현재까지 지속되어 왔다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고, 경기도 고양시 온수관 파열, 서울 서대문구 상수도관 파열 등 지하

Received 18 August 2023; Finally Revised 20 September 2023;

Accepted 20 September 2023

[†] Corresponding Author : kimsam@lx.or.kr

1) 당초 15종이었으나, 2022년부터 송유시설이 추가되어 16종으로 확대됨.

시설물에 의한 안전사고가 발생하고 있다. 따라서 본 논문의 목적은 현재 육안검수로 이루어지는 관로형 지하시설물 정보의 품질 검증을 소프트웨어를 이용한 자동화 프로세스로 전환하기 위한 검증기준을 개발하는 것이며, 일부 지자체 관로형 지하시설물에 개발된 기준을 적용하여 타당성을 검토하고자 한다.

2. 관로형 지하시설물 정보 품질관리 현황

2.1 관로형 지하시설물의 정의 및 특징

「지하안전법」 제2조에 따르면, “지하시설물”이란 상수도, 하수도, 전력시설물, 전기통신설비, 가스공급시설, 공동구, 지하차도, 지하철 등 지하를 개발·이용하는 시설물로서 대통령령으로 정하는 시설물을 말한다[6]. 2018년도에 국토교통부에서 고시한 「지하공간통합지도 제작 작업규정」에서는 지하시설물을 “수도, 하수도, 전기설비, 전기통신설비, 가스공급시설, 집단에너지공급시설, 공동구, 지하도로, 지하광장, 도시철도시설, 철도시설, 지하주차장, 지하도상가 등 지하를 개발·이용하는 시설물”로 정의하고 있다[7]. 「공공측량 작업규정」에서 다루는 지하시설물의 범위도 「지하안전법」 및 「지하공간통합지도 제작 작업규정」과 유사하며, 여기에 위험물과 화학물질을 수송하는 배관 및 부속설비 등 일부 몇 가지 시설이 추가되었다.

이렇듯 「지하안전법」, 「지하공간통합지도 제작 작업규정」, 「공공측량 작업규정」 모두 상·하수도, 가스 등으로 대표되는 관로형 지하시설물과, 지하철, 공동구 등으로 대표되는 구조물형 지하시설물을 포괄하여 규정하고 있으며, 이를 별도로 구분하여 정의하지는 않는다. 다만 관로형 지하시설물과 구조물형 지하시설물은 각 시설물이 설치된 목적과 정보의 특징이 상이함에 따라 「지하공간통합지도 제작 작업규정」의 표준데이터 항목, 정보 구축방법, 품질검사방법 등에서 관로형과 구조물형을 구분하여 기술하고 있다.

관로형 지하시설물이 주로 상수, 하수, 전기, 가스 등 자원(에너지)을 공급하거나 배출하기 위한 목적이라면, 구조물형 지하시설물은 지하철, 지하도상가, 지하보도, 공동구 등 지하에 공간을 만들어 그 공간을 이용하기 위한 목적의 시설물이다. 또한 관로형 지하시설물은 주로 선형의 형태를 가지나, 구조물형 지하시설물은 주로 면형으로 이루어져 있으며 그 형상이 매우 복잡·다양하다.

따라서 본 연구에서는 관로형 지하시설물을 “수도, 하수도, 전기설비, 전기통신설비, 가스공급시설, 집단에너지공급시설, 송유시설 등 지하를 개발·이용하는 시설물 중 자원(에너지)을 공급·배출하기 위한 선형 관로 위주의 시설물”이라고 정의하였다.

2.2 선행연구 검토

본 절에서는 지하정보의 품질 검증과 관련한 선행연구들을 검토하여 본 연구와의 차별성을 제시하였다.

Shin et al.[7]은 지하시설물도 구축 시 발생할 수 있는 오류 원인들을 작업 과정별로 체계적으로 분석하여 지하시설물도의 품질 확보 방안을 제시하였다. 해당 연구에서는 「지하공간통합지도 제작 작업규정」의 전신인 ‘지하시설물도 품질 측정 방법’(현장 검수, 데이터 검수)에 중점을 두어 연구를 수행하였기에, 현재의 데이터 구축 및 관리 방법에 맞춰 기준을 최신화할 필요가 있다.

Kim et al.[4]은 지자체가 하수시설물 DB를 구축하는 데 필요한 효율적인 검수 방안(기준)과 검수 프로그램을 개발하여 제시하였다. 이 연구에서는 「공공측량 작업규정」에 명시된 성과심사 항목 및 기준만을 대상으로 하기에, 지하시설물 고유의 특수성을 감안하지 못한 아쉬움이 있다.

Kang[3] 지하구조물 공간정보의 특성을 도출하고, 표준기반의 제작 과정과 특성을 고려한 품질 기준과 요소를 정립하여 제시하였다. 해당 논문에서는 제시한 품질 기준과 요소의 타당성을 실제 데이터를 이용한 검증이 아닌 설문조사를 통해 진행하였기 때문에, 연구성과의 객관성과 신뢰성 확보 측면에서 한계가 있다.

앞서 살펴본 선행연구에서는 지하시설물 정보를 포함한 공간정보 품질 기준(항목) 관련 연구에 있어서, 단순 기준/항목/요소만을 제시하는 수준이기에 자동화된 검수 체계로의 전환을 위해서는 좀 더 명확하고 구체적인 검수 방법 및 절차 등을 제시할 필요가 있다.

본 연구는 관로형 지하시설물 정보의 품질을 검증하기 위해 현재 규정 상의 품질검사 기준을 보다 구체화된 알고리즘, 검수절차, 오류 판별 기준 등을 추가하여 고도화하였다는 점에서 선행연구들과 차별성을 가지며, 해당 기준을 바탕으로 개발된 S/W를 통해 자동화된 품질 검수 체계를 실증하였다는 점에서 학술적 의의를 가진다.

2.3 관로형 지하시설물 정보 품질검증 현황 및 문제점

서론에서 언급하였듯이 2015년부터 관로형 지하시설물, 구조물형 지하시설물, 지반에 대한 정보를 통합한 지하공간통합지도를 구축하고 있다. 지하공간통합지도는 「지하공간통합지도 제작 작업규정」에 따라 제작되며, 이 규정에서는 자료수집 목록, 제작 방법, 테이블 명세서, 품질검사 방법 등을 명시하였다. 따라서 관로형 지하시설물 정보는 「지하공간통합지도 제작 작업규정」 제33조(품질관리) 제1항과 같이 별표 16의 “지하공간통합지도 품질검사 기준”에 의해 정량적인 검사를 수행하고 별표 18의 “지

하공간통합지도 품질검사 방법-지하시설물(관로형)”에 따라 품질요소별 품질검사를 실시한다.

본 논문에서는 “지하공간통합지도 품질검사 기준” 중 관로형 지하시설물에 대한 내용을 <Table 1>와 같이 발췌하여 정리하였다.

품질검사 기준에서는 데이터 품질을 검사하기 위한 품질요소, 세부요소, 세세부요소, 품질검사 기준, 품질검사 방법 및 대상을 정의하며, 품질검사 항목을 5개의 품질요소와 11개의 세부요소, 16개의 세세부요소로 구분한다. 본 논문에서는 관로형 지하시설물의 2D 도형정보에 대한 품질검증기술을 개발하고자 한다. 따라서 <Table 1>의 품질요소 중 논리일관성과 위치정확성에 대한 내용만 다룬다. 논리일관성은 지하시설물 정보 세밀도 제작기준의 준수 여부를 확인하는 개념일관성과 도형정보의 위상 조건 적정성을 확인하는 위상일관성으로 구성된다. 위치정확성은 기준좌표계와 2차원/3차원 위치정보의 정확성을 확인하는

절대적(외적)정확성과 구축된 데이터 간의 경계인접 여부를 확인하는 상대적(내적) 정확성으로 이루어진다.

지하공간통합지도 구축사업에서 품질검사를 수행하는 업무 담당자 인터뷰 결과, 「지하공간통합지도 제작 작업 규정」의 품질검사 기준과 방법을 바탕으로 데이터의 품질검사를 진행하고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 일부 속성정보를 제외하고는 도형정보의 품질을 검증하기 위한 소프트웨어가 부재하여 대부분의 검사항목을 육안으로 검수하고 있었다. 또한 현행 품질검사 기준과 방법이 구체성과 명확성이 부족함에 따라 실제 품질검사 시 적용이 불가능하거나 작업자별로 기준을 상이하게 해석하여 품질검사를 진행할 가능성이 존재하였다. 이러한 육안검수 위주의 품질검사는 시간 및 인력 소모가 크며, 작업자별 검수 방식에 통일성이 결여되기 때문에 국민의 안전과 생명이 직결된 지하시설물의 데이터 품질 일관성과 신뢰성을 저하시킬 수 있다.

<Table 1> Standard for Quality Assessment of Underground Space Integration Map
(Regulations on Producing Integrated Map of Underground Spaces, MOLIT[5])

Quality Elements	Detailed Sub-Elements	Sub-sub Elements	Standard for Quality Inspection	Quality Inspection Methods and Targets
Completeness	Omission	Target Object Omission	Checking an object left out in the standard data category	Indoor Inspection (1% Samples)
Logical Consistency (Standard)	Concept Consistency	LOD (Visualization) Consistency	Checking conformity with LOD (Visualization) Production Standard	
	Topological Consistency	2D Data Consistency	Checking topological condition of 2D Data	
3D Data Consistency		Checking topological condition of 3D Data		
Positional Accuracy (Spatial)	Absolute Accuracy	Accuracy of Standard Coordinates	Checking application of standard coordinates	
		Accuracy of 2D Positioning Data	Positional accuracy of 2D data	
		Accuracy of 3D Positioning Data	Positional accuracy of 3D data	
	Relative Accuracy	Adjacency to Boundary of 2D Data	Checking boundary adjacency of 2D data	
Adjacency to Boundary of 3D Data		Checking boundary adjacency of 3D data		
Thematic Accuracy (Attributes)	Classification Accuracy	Category Accuracy	Checking accuracy of standard data categorization	
	Logical Accuracy	Logical Accuracy	Checking application to table structures	
	Attributes Accuracy	Attributes Mismatched	Checking mismatched attributes	
		Attributes Missed	Checking left out attributes	
Others	Errors in Writing Management File	Metadata Missed	Checking for errors or creation of metadata	Indoor Inspection (total)
	product Omitted	Product Missed	Checking for final product left out	
	Operating Adequacy of product	Operating Adequacy of product	Checking adequacy of operating final product in system environment	

3. 관로형 지하시설물 정보 품질검증기술 개발

3.1 2D 관로형 지하시설물 정보 품질검증기준 개선

앞의 제2장에서 살펴본 지하시설물 정보 품질관리 현황의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 「지하공간 통합지도 제작 작업규정」의 품질검사 기준과 방법에 대한 개선방안을 제시하고자 하였다. 현행 품질검사의 가장 큰 문제점은 ① 검사기준 및 방법의 구체성과 명확성 부족, ② 육안검수 위주의 검수 프로세스이다. 따라서 본 논문에서는 검사기준 및 방법의 구체성과 명확성을 강화하고, 자동검수 위주의 검수 프로세스로 전환하는 것을 목표로 한다.

이를 위해 <Table 2>와 같이 현재 품질요소, 세부요소, 세세부요소, 품질검사 기준으로 구성된 기존 검사항목에 품질검사 방법, 품질검사 규칙, 품질검사 절차의 3가지 항목을 추가하였다[1]. 단, 본 논문은 시설물의 위치, 형상, 위상관계 등 데이터의 공간적(도형적) 특성에 대한 품질검증이 주목적이기 때문에 <Table 2>에서는 <Table 1>의 품질요소 중 논리일관성과 위치정확성에 대한 내용만을 포함하였다.

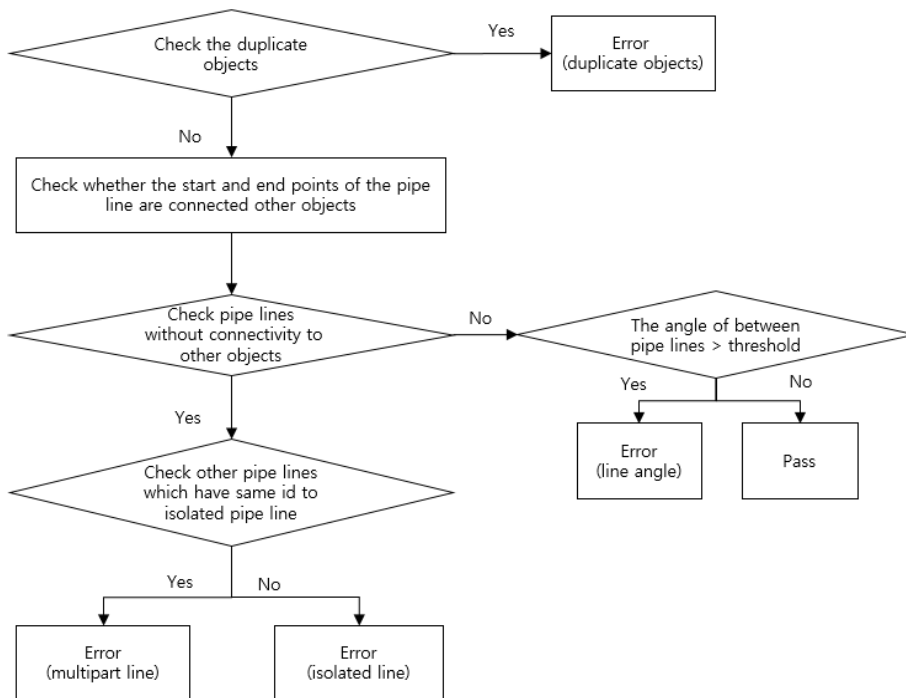
품질검사 방법 항목은 품질검사 기준 항목에 대해 데이터 검수 시 확인 사항을 좀 더 구체적으로 정의하며, 품질

검사 규칙 항목은 소프트웨어를 이용하여 데이터를 자동 검수하기 위해 필요한 세부 사항을 명시하였다. 특히 품질 검사 규칙 항목은 도형정보까지 소프트웨어를 이용해 자동으로 검수하기 위하여 공간데이터의 기하학적 구조와 위상관계를 정의한 기존 자료 분석을 통해, 도형정보의 위상일관성, 위치정확성 등을 검증할 수 있는 세부적인 규칙과 알고리즘 등을 제시하였다[1, 2].

품질검사 절차는 품질검사 규칙을 검수 흐름에 따른 작업 순서도의 형태로 표현한 것이다. 검사에 필요한 순서, 오류 추출 알고리즘, 검사 결과, 오류 여부 판단 기준 등을 명확히 함으로써, 품질검증 소프트웨어 개발 시 유용하게 활용할 수 있다. 지면의 한계상 품질검사 절차를 <Table 2>에 포함하는 것이 어려워 <Figure 1>과 <Figure 2>에 대표적인 품질검사 절차를 정리하였다[2].

<Figure 1>은 논리일관성 품질요소의 2차원 정보 위상 일관성을 검수하는 절차를 나타내며, 그 순서는 다음과 같다.

- ① 중복 객체 존재 여부 확인
- ② 중복 객체 존재 시 오류, 존재하지 않을 시 관로의 시점 혹은 종점 연결 여부 확인
- ③ 관로가 타 객체와 연결된 경우, 관로의 각도 확인
- ④ 관로의 각도가 임계값을 초과하는 경우 오류, 임계값 이내인 경우 통과



<Figure 1> Flow Diagram of checking the 2D Topological Consistency

<Table 2> Suggests on Standard for Quality Assessment and Improvement Plan for Pipe-type Underground Facilities (focusing on spatial quality)[1]

Working Rule Category (Now)				New Category Added
Quality Elements	Detailed Sub-Elements	Sub-sub Elements	Standard for Quality Inspection	Quality Inspection Methods and Rules (Algorithms)
Logical Consistency (Standard)	Topological Consistency	2D Data	Adequacy check for topological condition of 2D data	Method: Checking the spatial topology and adequacy of geometrical design of 2D data Rule 1: <Preprocessing> 1. Extract duplicate objects 2. Check the connectivity after extracting distant polylines 2-1. If there is connectivity (extracting unconnected polylines despite the same ID they have) 2-2. If there is no connectivity (extracting polylines not connected to other objects) Rule 2: <Checking the angle of between polylines in a single pipe line> 1. Extract polylines with angle of between polylines more than the threshold Rule 3: <Checking start and end points of pipe lines> 1. Check the connection of start and end of the target pipe line to other lines, manholes and valves
		3D Data	Adequacy check for topological condition of 3D data	Method: Checking adequacy of geometry Rule 1: <Check for intersection and overlapping> 1. Extract intersection points between pipe lines 2. Check z-value(depth) and diameter of overlapping points between pipe lines 3-1. Error occurred if z-values between pipe lines are the same 3-2. Check diameters for overlapping if z-values between pipe lines are different Rule 2: <Visual Inspection> Check intersection and overlapping after extracting partial sample of 3D model
Positional Accuracy (Spatial)	Absolute Accuracy	Accuracy of 3D Positional Data	Checking for positional accuracy of 3D model by overlapping 2D data	Method: Checking positioning adequacy by overlap with raw data after the inversion of 3D model to 2D Rule: 1. Inversion of 3D model to 2D 2. Overlap with raw data 3-1. pipe line: Check if the raw data(polyline) is centered on the inverted(3D→2D) data(polygon) 3-2. Manhole and valve:: Check if the raw data(polint) is in the inverted(3D→2D) data(polygon)
	Relative Accuracy	Adjacency to Boundary of 2D Data	Checking for consistent adjacency and separation between 2D pipe lines, pipe lines & manholes, and pipe lines & valves	Method: Checking presence of manhole and valve distant from pipe line (between pipe line and manhole/valve) Rule: 1. Checking the intersection of valves, manholes, and pipelines 2. It's an error if the shortest distance between valve/manhole and pipe line is greater than threshold
		Adjacency to Boundary of 3D Data	Checking for consistent adjacency and spacing between 3D pipe lines, pipe lines & manholes, and pipe lines & valves	Method: Checking the presence of manholes and valves distant from the pipeline Rule: <Visual Inspection> Checking the gap (or distance) in partial samples extracted from 3D model

⑤ 앞의 ③에서 관로가 타 객체와 연결되지 않은 경우, 해당 관로와 같은 아이디를 가지는 관로 유무 확인2)

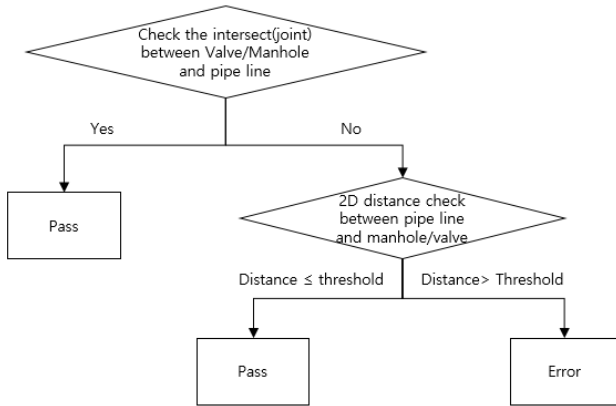
⑥ 동일한 아이디를 가지는 관로가 있는 경우 멀티파트 오류

2) 지하공간통합지도 구축사업에서 품질검수를 통해 검출된 오류는 원시데이터 생산기관(지자체, 유관기관)에서 직접 수정함. 오류의 종류에 따라 수정 방법이 다르기 때문에 ⑥, ⑦의 과정을 진행함.

⑦ 동일한 아이디를 가지는 관로가 없는 경우 비 연결 관로 오류

<Figure 2>는 위치정확성 품질요소의 2차원 정보 경계인접성을 검수하는 절차를 나타내며, 그 순서는 다음과 같다.

- ① 맨홀/밸브와 관로 간 교차 혹은 접합 여부 확인
- ② 교차 혹은 접합 시 통과, 그렇지 않은 경우 맨홀/밸브와 주변 관로 간 평면거리 계산
- ③ 2차원 거리가 임계값 이내일 경우 통과, 초과할 경우 오류



<Figure 2> Flow Diagram of Adjacency to Boundary of 2D Data

3.2 품질검증기준 실증 테스트

본 절에서는 <Figure 3>과 같이 3.1절에서 개선한 품질 검증기준을 바탕으로 간단한 모듈을 구현한 뒤, 실제 데이터를 이용하여 테스트를 진행함으로써 검증기준의 적정성을 실증하였다.



<Figure 3> The Process of Data Validation Test

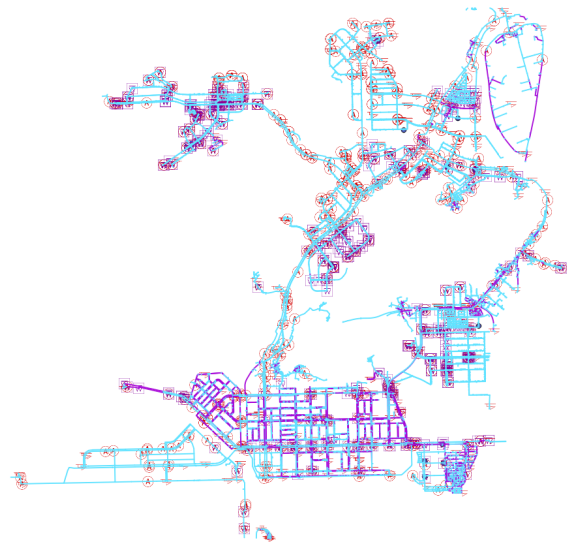
품질검증기준 대상지로는 광역지방자치단체급 도시 규모 내 일부 지역을 선정하였다. 품질검증기준 대상지 면적은 약 76.5km²로써(가로 약 9km, 세로 약 8.5km) 해당 지역은 주로 공장지역과 일부 주거지역을 포함하고 있다.

지하시설물 정보는 각 지방자치단체와 유관기관에서 2차원 형태로 구축한 정보를 국토교통부의 지하공간통합지도 구축사업을 통해 3차원 형태로 변환한 뒤 통합 관리된다. 오류가 포함된 2차원 정보를 3차원으로 변환할 경우 변환된 3차원 정보에 오류가 포함될 수밖에 없다. 따라서 변환되기 전 2차원 정보의 품질을 검수함으로써 최종 구축정보의 품질을 확보하는 것이 중요하다.

이에 본 논문에서는 <Table 2>의 품질검사 기준 및 방법 중 2차원 관로형 지하시설물 정보를 대상으로 품질검증을 수행하였다. 지하공간통합지도에 포함된 7종의 관로형 지하시설물 중 대표성이 크고 국민 생활에 밀접한 관련이 있는 상수도를 대상으로 품질검증을 수행하였다. 상수도를 구성하는 정보는 점형 및 선형 등으로 구분되며, 주요 시설물인 상수관로, 상수맨홀, 상수밸브를 대상으로 관

로형 지하시설물 품질검사를 수행하였다. 이중 상수관로만 선형 데이터로 구축되며, 나머지 상수맨홀과 상수밸브는 점형 데이터로 구축된다. 대상지의 상수도 시설물은 <Figure 4>와 같이 상수관로 13,216개, 상수맨홀 431개, 상수밸브 994개가 존재한다.

해당 상수도 관련 시설물을 대상으로 데이터 중복검사, 멀티파트 검사, 관로 self-intersection, 교차관로 검사, 밸브 및 맨홀 위치오류 검사, 관로 언더컷·오버컷 검사 등을 실시하였다.



<Figure 4> Water Supply Facilities in Test Site

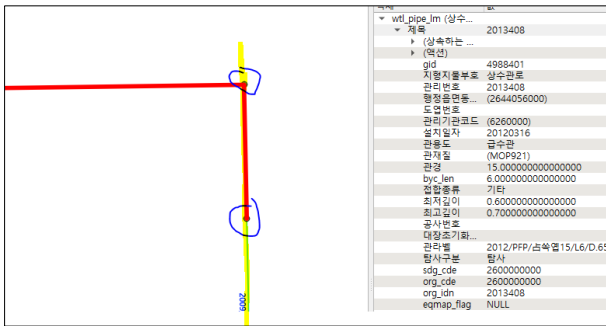
먼저 중복검사는 객체의 일부 또는 전체가 겹쳐 있을 경우 해당 객체를 오류 유형으로 추출하는 것을 말하며, 선형시설물의 경우 2개 이상의 객체가 최소 2점 이상의 X, Y 좌표값이 동일할 경우 중복오류로 판단한다. 품질검증 결과 총 15건의 오류가 검출되었다.

멀티파트(multi-part) 검사는 멀티라인(multiline) 형식으로 제작된 선형 객체는 반드시 다른 객체와 연결되어 있어야 함에도 홀로 떨어져 있는 객체를 오류 유형으로 추출하는 것으로서, 검증 결과 1건의 오류가 검출되었다.

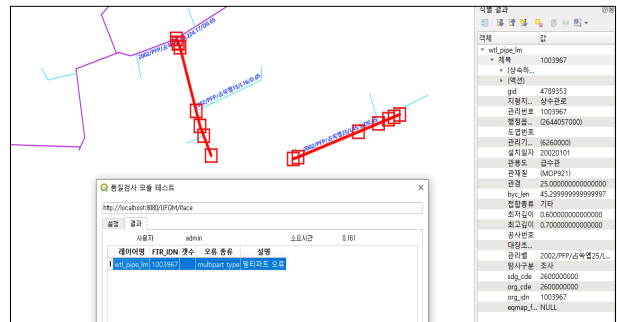
관로의 자기교차(self-intersection) 검사는 단일 관로가 일반적인 선형을 유지하지 않고, 일정 부분 자신의 객체를 교차하여 불필요한 교차점(vertices)이 발생하는 객체를 오류 유형으로 추출하는 검사이다. 본 논문에서는 1건의 오류가 검출되었다.

교차관로 검사)는 서로 다른 관로 객체의 선형이 교차

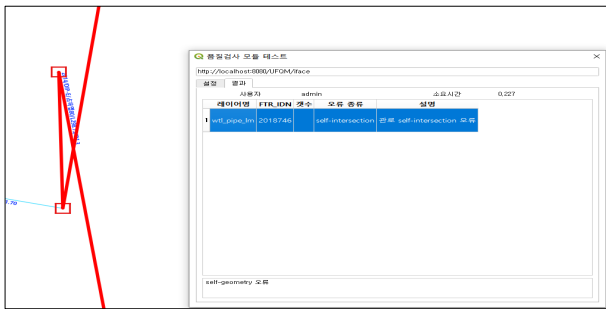
3) 교차관로 검사는 <Table 2>에서 3차원 정보의 위상일관성 검사로 분류하였으나, 실제로는 2차원 선형의 교차여부를 바탕으로 심도와 관경을 부가적으로 이용해 오류 여부를 판단하므로, 실증 테스트에 포함.



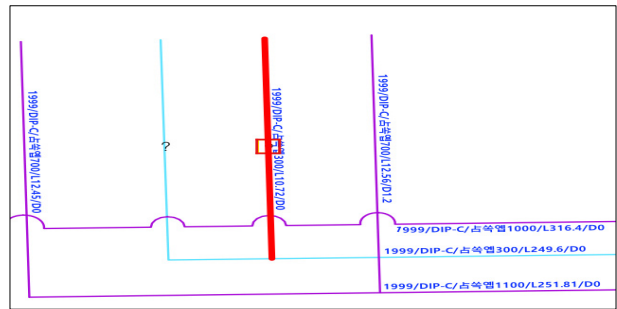
Duplicate Objects



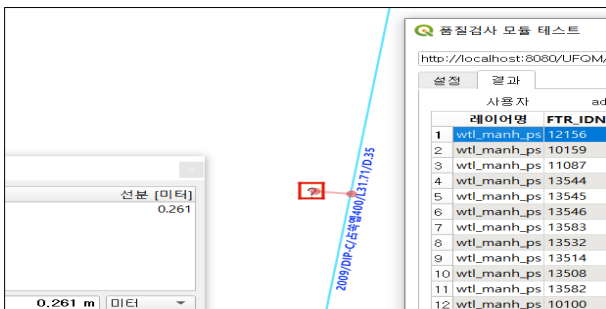
Multipart Lines



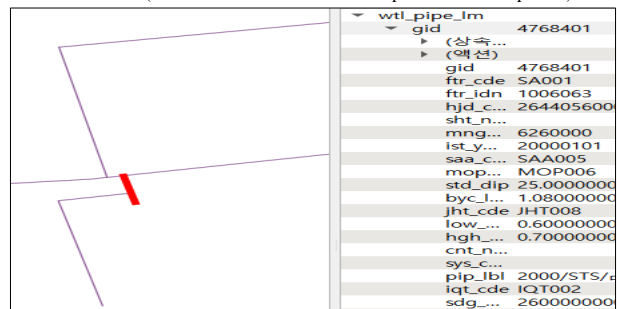
Self-Intersection



Joint Error(A valve is not on the end-points or mid-points)



Joint Error(A Manhole is not on the pipe line)



Overshoot

<Figure 5> Examples of Errors in Validation Test

하는 경우, 해당 교차점의 심도(Z값)와 관경을 확인한다. 심도가 동일하거나 심도가 다르더라도 관경을 확인하여 관로의 일부가 중첩되는 경우 오류로 처리하며, 검사 결과 해당 오류가 검출되지 않았다.

밸브위치 오류검사와 맨홀위치 오류검사는 밸브나 맨홀이 상수관로인 선형 객체의 끝점이나 중간점, 혹은 바로 위에 위치하지 않는 경우 오류로 추출하며, 검증 결과 밸브와 맨홀 각각 10건과 34건의 오류가 검출되었다. 다만 맨홀의 경우, 맨홀 구조물 전체를 2차원 폴리곤 형태로 구축한 것이 아닌 지표에 노출된 철재 구조의 맨홀 뚜껑을 중심으로 포인트 형태의 좌표를 취득하여 위치정보를 구축하였다. 그러나 실제 현장에서는 관로와 맨홀 객체를 직접 연결해주는 콘크리트 구조물이 존재하며, 데이터 구축 시에는 이 구조물이 제외됨에 따라 맨홀과 관로가 연결되지 않은 것으로 인식하여 오류가 과다 추정된 것으로 판단된다.

관로 언더슛(undershoot)/오버슛(overshoot) 오류검사는

선형 객체의 끝점이 다른 선형 객체나 점형 객체에 연결되어야 하나, 선형 객체가 짧거나 길어서 연결되지 않는 경우를 검출하며, 검증 결과 1건의 오버슛 오류가 검출되었다.

대표적인 오류 검출 사례는 <Figure 5>와 같으며, 품질 검증 테스트 결과를 <Table 3>과 같이 정리하였다.

<Table 3> The Result of Test

No.	Validation Items	Num of Errors
1	Duplicate Objects	15
2	MultiPart Lines	1
3	Self-Intersection	1
4	Line Intersection	0
5	Joint Error (between lines and Valves/Manholes)	Valve: 10 Manhole: 34
6	Undershoot/Overshoot	1
	Total	62

4. 결 론

본 논문에서는 국민생활에 필수적인 사회기반시설로서 라이프라인(lifeline)이라고도 불리는 관로형 지하시설물 정보의 품질검증을 위한 기술을 개발하였다. 현재 사용되고 있는 『지하공간통합지도 제작 작업규정』의 품질검사 기준 및 방법을 보다 구체화·명확화함으로써, 육안검사 위주로 진행되고 있는 검수체계를 자동검수체계로 전환하고자 하였다. 현행 기준을 개선한 검증기준을 바탕으로 품질검증 소프트웨어를 구현한 뒤, 광역지방자치단체급 도시 규모 내 일부 지역의 2차원 상수도 시설물 데이터를 이용해 테스트함으로써 검증기준의 적정성을 실증하였다. 테스트 결과 중복객체 오류, 밸브 및 맨홀위치 오류 등의 오류를 추출할 수 있었다.

본 논문에서 현행 품질검증 기준을 개선하고 소프트웨어를 통해 자동으로 오류를 추출할 수 있는 기술을 개발하였다. 이를 통해 전체 성과물 중 1%의 표본만을 추출하여 육안 검수를 진행하는 현행 품질 검사 체계를 성과물 전체에 대해 자동 검수할 수 있는 체계로 전환함으로써 데이터 품질의 신뢰성을 향상할 수 있는 기반을 마련했다는 점에서 큰 의미가 있다. 다만, 3.2 품질검증기준 실증 테스트 부분에서 언급한 바와 같이 조인트 에러 중 맨홀 위치 오류를 정확히 파악하기 위해서는 현재 맨홀 위치의 표현을 포인트 형태가 아닌 맨홀 구조물 전체를 포함하는 폴리곤 형태로 구축하여 관로와 연결성을 파악하는 것이 타당한 것으로 판단한다. 따라서 추후 『지하공간통합지도 제작 작업규정』의 “지하공간통합지도 품질검사 기준” 개정 시 해당 내용을 반영할 것을 제안한다. 또한, 광역지방자치단체급 도시 규모 내 일부 지역의 상수도 데이터만을 이용한 점과 2차원 데이터에 국한해 테스트를 진행한 점은 연구의 한계로 남는다. 추후 대상 지역과 시설물 및 데이터 종류를 확대하여 추가적인 테스트를 진행함으로써 본 논문에서 개발한 품질검증기술의 적정성과 타당성을 좀 더 강화할 필요가 있다.

본 논문을 통해 지하시설물 정보를 보다 정확하고 체계적으로 구축·관리함으로써, 지하안전사고를 예방하고 국민의 삶의 질을 향상시킬 수 있기를 기대한다.

Acknowledgement

This study has been supported by the MOLIT(Ministry

of Land, Infrastructure and Transport) and KAIA(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement), Korea.(RS-2020-KA158151)

The Validation S/W made by GIT(Geospatial Information Technology Co., Ltd.) has been used in this study.

References

- [1] Bae, S.K., Kim, S.M., and Yoo, E.J., Research on Improving Quality Management for Underground Space Integration Map, *Journal of Cadastre & Land Information*, 2020, Vol. 50, No. 2, pp. 221-235.
- [2] Bae, S.K., Kim, S.M., Yoo, E.J. and Im, K.B., A Study on Improving the Data Quality Validation of Underground Facilities(Structure-type), *Journal of Cadastre & Land Information*, 2021, Vol. 51, No. 2, pp. 5-20.
- [3] Kang, D.O., A Study on the Quality Standards and Factors for Improving the Quality of Spatial Information in Underground Structures [master's thesis], [Seoul, Korea]: University of Seoul, 2018.
- [4] Kim, C.H., Ohk, W.S., and Yoo, J.Y., A Study on the Automatic Inspection of Sewer Facility Map, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 2006, Vol. 9, No. 2, pp. 67-78.
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *Regulations on Underground Space Integrated Map Production*, 2018, Notice No.2018-661.
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *Special Act on Underground Safety Management*, 2022, Act No.18350.
- [7] Shin, D.B., Park, K.H., and Kim, J.H., A Study on the Quality Control of Underground Facility Database, *The Korea Spatial Planning Review*, 2002, Vol. 34, pp. 128-148.

ORCID

Sang-Keun Bae	0000-0002-2473-1452
Sang-Min Kim	0009-0009-0823-0090
Eun-Jin Yoo	0009-0000-0176-2646
Keo-Bae Lim	0009-0009-8494-2698
Da-Woon Jeong	0000-0002-1215-3392